

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 12 815.8

**Anmeldetag:** 22. März 2003

**Anmelder/Inhaber:** Henkel Kommanditgesellschaft auf  
Aktien, 40589 Düsseldorf/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum kontaminationstoleranten Kleben von  
Fügeteilen

**IPC:** C 09 J 5/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 05. Februar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'S' followed by a loop.

**Stark**



Henkel KGaA  
Dr. Scheffler/HC  
11.03.2003

## Patentanmeldung

H 05756

### „Verfahren zum kontaminationstoleranten Kleben von Fügeteilen“

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kleben kontaminierten Fügeteilen, insbesondere zum Kleben von kontaminierten Fügeteilen mit reaktiven Klebstoffen.

Bei den modernen Fertigungsmethoden zum Verbinden von metallischen Komponenten im Maschinen-, Fahrzeug- oder Gerätebau, insbesondere im Automobilbau, werden die klassischen Befestigungsmethoden, wie Nieten, Schrauben oder Schweißen immer häufiger durch das Kleben ersetzt. Das Interesse am Kleben ergibt sich aus verschiedenen Vorteilen der Klebtechnik im Bereich Leichtbau und der Möglichkeit die unterschiedlichsten Werkstoffe miteinander verbinden zu können.

In der Automobilfertigung werden aus fertigungstechnischen Gründen immer häufiger die Klebstoffe, insbesondere auch die hochfesten Strukturklebstoffe, im sogenannten Rohbau eingesetzt, das heißt, diese Klebstoffe werden häufig auf die ungereinigte Metalloberfläche appliziert. Diese Oberflächen sind dabei in der Regel mit den verschiedensten Korrosionsschutz- oder Ziehfetten oder -ölen beschichtet. Im modernen Leichtbau werden weiterhin nicht nur metallische Substrate, sondern auch Kunststoffmodule eingesetzt, die mit metallischen Bauteilen geklebt werden müssen. Diese Kunststoffteile enthalten häufig an der Oberfläche Trennmittel. Ähnlich Schwierigkeiten mit Oberflächenverunreinigungen sind auch für den gesamten Reparaturbereich typisch. Diese oberflächlich auf den zu verklebenden Substraten vorhandenen Kontaminationen sind durchweg

unpolare Verbindungen mit geringer kohäsiver Festigkeit, so dass diese haftungsmindernden Einfluss auf den geklebten Verbund, insbesondere nach Alterungen ausüben können.

Die Festigkeit und die Alterungsbeständigkeit einer geklebten Fügeverbindung werden nicht nur durch die Festigkeit und Alterungsbeständigkeit der Klebstoffmatrix per se beeinflusst, sondern zum entscheidenden Teil durch die Adhäsion in der Grenzschicht zwischen Klebstoff und Füge teil.

Die Ausbildung einer dauerhaften Haftung des Klebstoffes an der Substratoberfläche ist davon abhängig, dass die funktionellen Gruppen des Klebstoffs und der Füge teiloberfläche miteinander eine dauerhafte Bindung eingehen können oder miteinander in starke Wechselwirkung treten können. Bereits Kontaminationen in Form von Monolagen-Adsorbaten auf der Füge teiloberfläche können die kraftschlüssige Wechselwirkung am lasttragenden Füge teil stören oder vermindern und somit zum Adhäsionsversagen und zu schlechtem Alterungsverhalten der Klebeverbindung führen. Das gilt insbesondere für raumtemperaturhärtende zweikomponentige Klebstoffe.

Um hochfeste, dauerhafte und zuverlässig gegen Alterungseinfluss geschützte Klebeverbindungen erzeugen zu können, werden im bekannten Stand der Technik häufig sehr aufwendige Reinigungs- und Oberflächenvorbehandlungsverfahren benutzt. Beispielsweise werden die Bauteile mit Hilfe von organischen Lösungsmitteln oder wässrigen Reinigungs- und Entfettungsmitteln vorbehandelt. Dies kann entweder durch Spritz- oder Sprühapplikationen oder in Tauchbädern erfolgen, gelegentlich werden diese Reinigungsvorgänge durch Einsatz von Ultraschallbädern unterstützt. Weiterhin ist es üblich, die Oberflächen mit Hilfe von zusätzlichen physikalischen und chemischen Vorbehandlungen für eine Klebung vorzubereiten. Physikalische Vorbehandlungsverfahren sind Schleifen und Strahlen mit abrasiven Mitteln (z.B. Sandstrahlen, Kryostrahlen). Als chemische Verfahren werden Plasma-, Beiz- und Anodisierverfahren eingesetzt. Alle Vorbehandlungsverfahren beinhalten aber das Risiko, dass haftungsmindernde Kontaminationen auf den Füge teiloberflächen verbleiben.

Da derartig aufwendige Verfahren sehr kostenintensiv sind, werden sie beispielsweise im Maschinenbau oder in der Automobilfertigung oder bei übrigen Land- und Seefahrzeugbauten kaum eingesetzt. Selbst bei den Klebverfahren in der Luft- und Raumfahrt, wo ein derartiger Aufwand zur Reinigung und Oberflächenvorbehandlung getrieben wird, ist die Störanfälligkeit durch unkontrolliert auf den Substratoberflächen verbleibende haftungsmindernde Kontaminationen ungelöst. In der Praxis beschreitet man daher bis heute zwei verschiedene Wege, die beide nicht voll befriedigend sind:

- Wo es zwingend erforderlich ist, und wo der Kostendruck für die Fertigungsschritte nicht prohibitiv wirkt, wie z.B. in der Luft- und in der Raumfahrtindustrie, werden aufwendige Reinigungs- und Oberflächenvorbehandlungsverfahren zur Herstellung einer definierten und nach Möglichkeit kontaminationsfreien bzw. kontaminationsarmen Substratoberfläche angewendet.
- In der unter stärkerem Kostendruck stehenden und viel höhere Stückzahlen produzierenden Automobilindustrie versucht man das Problem durch den Einsatz von kontaminationstoleranten Klebstoff-Zusammensetzungen zu lösen. Solche Klebstoffe sind in der Regel bei +150°C bis +180°C heißhärtend und können durch die bei diesen Temperaturen viel höhere Diffusionsrate Kontaminationen in den Klebstoff aufnehmen.

Insbesondere für hitzehärtende Klebstoff-Zusammensetzungen auf Basis von reaktiven Kautschuken ist letzteres zu einem erheblichen Umfang bereits gelungen, derartige kautschukbasierte hitzehärtbare Klebstoff-Zusammensetzungen sind zum Beispiel in den nachfolgenden Schriften beschrieben: WO 99/03946, WO 96/16136, WO 96/23040, EP 363892, EP 369165, EP 365715.

Beispiele für kontaminationstolerante hitzehärtende Epoxidklebstoffe sind in den folgenden Schriften offenbart: WO 01/94492, WO 00/37554, WO 00/20483, WO 93/00381, EP 354498.

Derartige warm aushärtende Klebstoffe sind in der Lage, auch geölte Bleche mit einem Ölbelag von bis zu 3 g/m<sup>2</sup> Öl zu kleben. Die Kontaminationstoleranz wird

dabei neben der Klebstoffrezeptur durch die bei der hohen Aushärtetemperatur von 150 °C bis 180 °C ermöglichte Diffusion von unpolaren Kontaminationsbestandteilen in den Klebstoff hinein ermöglicht. Die Zusammensetzung der Klebstoffe erlaubt dabei in begrenztem Umfang das zeitliche Fenster zu beeinflussen, in dem nach der Wärmebeaufschlagung auch Diffusion der Kontaminationsstoffe von der Grenzfläche in die Klebstoffmatrix möglich ist. Sobald der Härtingsprozess des Klebstoffes weiter fortgeschritten ist, ist eine derartige Diffusion des Kontaminationsmaterials in die Klebstoffmatrix hinein aber sehr stark behindert bzw. vollständig unterbunden. Für die überwiegende Anzahl der kalt aushärtenden Klebstoffe, die in der Regel zweikomponentige oder einkomponentige feuchtigkeitshärtende Systeme sind, ist diese Form der Kontaminationstoleranz der Klebstoffzusammensetzung nicht nutzbar, da der Diffusionsprozess bei Raumtemperatur noch keinen signifikanten Beitrag zum Entfernen der Kontaminationsprodukte von der Grenzfläche liefern kann. Diese Hemmung des Diffusionsprozesses ist hierbei besonders ausgeprägt, weil z.B. zweikomponentige Klebstoffsysteme in der Regel so eingestellt sind, dass sie bereits bei niedrigen Temperaturen zu vernetzen beginnen und somit die Diffusionsprozesse der Kontaminationsmaterialien von der Grenzfläche weg behindern und andererseits die Diffusionsrate bei Raumtemperatur sehr gering ist. Entsprechend unbefriedigend sind daher in der Regel die Qualität und Alterungsbeständigkeit der Klebungen von kontaminierten Füge-teiloberflächen bei der Verwendung von zweikomponentigen und anderen bei Raumtemperatur aushärtenden Klebstoffsystemen. Ein weiteres Hemmnis für Diffusionsprozesse ist die thixotrope Einstellung der meisten Klebstoffe.

Es besteht also Bedarf für ein Verfahren zum Kleben von kontaminierten Füge-teilen, das aufwendige Reinigungs- und Oberflächenvorbehandlungsschritte vor dem Auftrag des Klebstoffs auf die Substratoberfläche vermeidet bzw. mit dem sich auch bei nicht vermeidbarer Kontamination oder Rekontamination eine ausreichende Qualität von Klebungen sicherstellen läßt.

Nach dem Stand der Technik wird die Füge-teilvorbehandlung den mechanischen, physikalischen oder chemischen Vorbehandlungsschritten überlassen. Danach

erfolgt das Kleben. Erfindungsgemäß ist es neu und wesentlich effektiver, den für die Festigkeit der Klebeverbindung entscheidenden Prozessschritt aber direkt mit dem Klebstoffauftrag zu koppeln und damit auch eine Rekontamination der Füge Teile sicher auszuschließen.

Die erfindungsgemäße Lösung der vorgenannten Aufgabe ist den Patentansprüchen zu entnehmen. Sie besteht im Wesentlichen in der Bereitstellung eines Verfahrens für das Kleben von kontaminierten Füge teilen, bei dem die kontaminierenden Bestandteile der Füge teiloberflächen durch Einbringen von Vibrationsenergie/Ultraschall in die noch nicht ausgehärtete Klebstoffmatrix von der Grenzfläche entfernt werden und in der Klebstoffmatrix gelöst oder dispergiert werden und dadurch die Benetzung der Oberfläche verbessert wird.

In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht dieses aus den folgenden wesentlichen Schritten:

- a) Aufbringen der Klebstoff-Zusammensetzung auf mindestens eine kontaminierte zufügende Substratoberfläche,
- b) Fügen des zweiten ggf. ebenfalls kontaminierten Substratteils auf das mit Klebstoff versehene Bauteil,
- c) Einkoppelung der Vibrationsenergie in die noch nicht ausgehärtete Klebefuge,
- d) Aushärten des Klebstoffs.

In einer weiteren Ausführungsform wird die Klebstoff-Zusammensetzung unter Einkoppelung der Vibrationsenergie auf eine der kontaminierten Füge teiloberflächen aufgetragen. In diesem Fall erfolgt die Einkoppelung der Vibrationsenergie dabei über den noch nicht ausgehärteten Klebstoff als Koppelmedium, so dass die dispergierende Energie effektiv an die kontaminierte Substratgrenzfläche gebracht wird, wobei das kontaminierende Material durch diese Vibrationsenergie in die Klebstoffmatrix dispergiert bzw. gelöst und transportiert werden kann.

Prinzipiell kann dabei die Vibrationsenergie in Form von Niederfrequenz-Vibrationen eingebracht werden, besonders bevorzugt ist jedoch die Verwendung

von Ultraschallenergie in Frequenzbereich oberhalb des menschlichen Hörbereichs und unterhalb von 10 MHz, insbesondere im Bereich von 20 bis 100 kHz.

Dabei kann die Einkoppelung der Vibrationsenergie durch das Aufsetzen eines Schallkopfes - auch Sonotrode genannt - auf mindestens eines der Fügeteile erfolgen. In einer weiteren Ausführungsform erfolgt der Eintrag der Vibrationsenergie direkt während des Klebstoffauftrags unmittelbar nach dem Klebstoffauftrag auf die Substratoberfläche. Dabei kann der Schallkopf direkt mit der Klebstoffauftragsvorrichtung gekoppelt sein, oder er wird direkt nach der Klebstoffauftragsvorrichtung über den Auftragsbereich geführt. Bei dieser Vorgehensweise erfolgt das Fügen des zweiten Fügeteils auf die Klebstoffoberfläche im Anschluss an Klebstoffauftrag und Einkoppelung der Vibrationsenergie. Dieses Verfahren bietet sich insbesondere in den Fällen an, in denen nur ein Füge­teil maßgeblich kontaminiert ist.

Sowohl bei dem Eintrag der Vibrationsenergie nach dem Fügen der Bauteile als auch bei der Koppelung von Klebstoffauftrag und Eintrag der Vibrationsenergie kann der Schallkopf oder die Kombination aus Schallkopf und Klebstoffauftragsvorrichtung maschinell entlang der Klebefuge geführt werden. Vorzugsweise erfolgt eine derartige maschinelle Führung durch an sich bekannte programmgesteuerte Roboter.

Die Diffusion, Lösung und/oder Dispersion der kontaminierenden Verunreinigungen der Substratoberfläche in der Klebstoffmatrix kann dadurch weiter begünstigt werden, dass der Klebstoff beim Auftragen und / oder beim Eintragen der Vibrationsenergie eine Temperatur oberhalb der Umgebungstemperatur aufweist, vorzugsweise kann diese erhöhte Temperatur zwischen 25 °C und 90 °C liegen, besonders bevorzugt zwischen 35 °C und 70°C.

Das erfindungsgemäße Verfahren der Dispersion / Lösung der Kontaminationsprodukte von der Substratoberfläche weg in die Klebstoffmatrix hinein eignet sich insbesondere bei der Verwendung von zweikomponentigen

Klebstoffen, die bei Raumtemperatur oder leicht erhöhter Temperatur auszuhärten sind. Sie lässt sich jedoch auch auf andere Klebstoffe, z.B. einkomponentige hitzehärtende, feuchtigkeitshärtende, sauerstoffhärtende oder anaerobe Klebstoffe anwenden. In allen Fällen kann die Wirksamkeit des Abtransports der Kontamination bei hochviskosen Klebstoffen oder bei Schmelzklebstoffen durch die vorgenannte Erwärmung des Klebstoffes beim Auftrag und / oder Eintragen der Vibrationsenergie besonders effektiv gestaltet werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren soll nun anhand von Zeichnungen näher erläutert werden: dabei zeigen:

- Figur 1 Die Einkoppelung von Ultraschall oder Vibrationen über eine Sonotrode bei bereits gefügten Bauteilen.
- Figur 2 Eine Ausschnittvergrößerung der Grenzfläche zwischen einem Füge teil und Klebstoffmatrix
- Figur 3 Die Einkoppelung von Ultraschall - Vibrationen direkt mit dem Klebstoffauftrag auf ein Füge teil und mit dem Klebstoff als Koppelmedium
- Figur 4 Eine Detailansicht der Grenzfläche zwischen Füge teiloberfläche und aufgetragener Klebstoffraupe

In **Figur 1** ist der Aufbau aus zwei Füge teilen (1) und (2) mit dazwischen aufgetragenem Klebstoff (5) dargestellt. Die Füge teilkontaminationsschichten (3) und (4) befinden sich an den Grenzflächen zwischen der Klebstoffmatrix und den Füge teilen. Der Schallkopf (6), der die Ankoppelung von Vibrationsenergie oder Ultraschallenergie bewirkt, ist über das Koppelmedium (7) direkt mit dem Füge teil (2) gekoppelt. Im einfachsten Fall erfolgt diese Koppelung durch direktes Aufsetzen auf das Füge teil, so dass eine spezielle Koppelvorrichtung (7) entfällt und durch den direkten mechanischen Kontakt ersetzt wird.

Wie in der **Figur 2** als Detailvergrößerung des Bereiches A aus **Figur 1** dargestellt, wird die Diffusion der Kontaminationen (3') und deren Dispergierung / Lösung in der Klebstoffmatrix durch den Eintrag der Vibrationsenergie bewirkt,



wobei die Diffusion in X-Richtung in die Klebstoffmatrix hinein erfolgt, so dass die Konzentration der Kontaminationskomponenten an der Fügeiteiloberfläche des Fügeiteils (1) nach kurzer Zeit stark abnimmt.

Die **Figur 3** zeigt die Einkoppelung der (Ultraschall)-Vibrationsenergie mit dem Klebstoff als Koppelmedium gleichzeitig mit dem Klebstoffauftrag auf das Fügeiteil (1) mit seiner Kontaminationsschicht (3). Die Koppelung des Schallkopfes (Sonotrode) (6) mit der Auftragsvorrichtung (8) für den Klebstoff ist hier nur sehr schematisch dargestellt und zeigt nur das Wirkungsprinzip. Konkrete Ausgestaltungen derartiger Koppelungen von Auftragsvorrichtung und Sonotrode sind für den Fachmann aus dieser Prinzipdarstellung ohne weiteres klar ersichtlich.

Die **Figur 4** zeigt wiederum eine Detailansicht an der Stelle B zwischen Fügeiteil (1) mit seiner Kontaminationsschicht (3') und der aufgetragenen Klebstoffraupe (5). Auch hier ist wiederum bildlich der Diffusionsgradient und die Diffusionsrichtung in X-Richtung der Kontaminationsstoffe in die Klebstoffmatrix hinein dargestellt.

In den nachfolgenden Ausführungsbeispielen soll die Erfindung näher erläutert werden, wobei die Auswahl der Beispiele keine Beschränkung des Umfanges des Erfindungsgegenstandes darstellen soll. Sie sollen lediglich in modellhafter Weise einzelne Ausführungsformen und vorteilhafte Wirkungen der Erfindung darstellen.

## Beispiele

### Beispiel 1:

#### **Kleben von geölten Blechen im Automobilbereich (Fertigung),**

Kleben von verschiedenartigen Materialien im Karosseriebau der Automobilindustrie unter Verzicht auf bzw. Minimierung aufwendiger Reinigungsverfahren bei Einsatz von kaltaushärtenden kontaminationstoleranten Klebstoffen (kein Verzug der Bauteile bei kaltaushärtenden Systemen).

Auf die beölten Bleche wird Roboter-geführt automatisch eine Klebraupe (Terokal 4520-34, Fa. Henkel Teroson) per Extrusion aufgebracht. Gekoppelt an die Auftragsdüse erfolgt direkt nach dem Auftragen des Klebstoffes die erfindungsgemäße Vorbehandlung der Klebstoffraupe durch die direkt hinter dem Applikator angebrachte Sonotrode. Die Vorbehandlung der Klebstoff/Fügeteilgrenzfläche erfolgt mit ca. typisch 20-100 Watt abhängig von der Geometrie und Dicke der Klebstoffraupe und der Geschwindigkeit des Aufbringens der Klebstoffraupe.

Der beschriebene Vorgang ist bei manueller Ausführung insbesondere für den Reparaturbereich geeignet.

Die Einbringung von Ultraschall kann sowohl in Verbindung mit dem Aufbringen der Klebstoffraupe durch einen Roboter erfolgen (s.o. in einem Arbeitsgang). Ebenfalls ist es aber möglich, nach dem Justieren der beiden Fügeteile, mittels eines Roboters die gesamte Klebeverbindung mit der Sonotrode abzufahren und so Ultraschall einzubringen.

### Beispiel 2:

#### **Reparaturanwendungen im Automobilbau/Luftfahrttechnik**

Im klebtechnischen Reparaturfall von Automobil- oder auch Flugzeugstrukturen erfolgen die Arbeiten unter für die Qualitätssicherung schlechten Randbedingungen (beliebige Werkstätten). Es muss mit kontaminierten und gealterten Kunststoff- und Metalloberflächen gerechnet werden, die sich mittels Reinigungs- und Oberflächenvorbehandlungsverfahren nur bedingt für eine

klebtechnische Reparatur vorbereiten lassen. Der Einsatz von kontaminationstoleranten Klebstoffen (warm- oder auch kaltaushärtend) und die Einkoppelung von Ultraschall können helfen auch bei kontaminierten Oberflächen zuverlässige Verklebungen zu erzeugen.

Reparaturverfahren (Beispiel): Großflächige gealterte Laminatoberflächen werden im Bereich des zu reparierenden Schadens mit Lösemitteln (Äthanol, Siedeschnittpbenzin) gereinigt. Danach wird die Oberfläche nass z.B. mit Scotchbrite geschliffen, abgespült und getrocknet. Aufwendigere Oberflächenvorbehandlungsverfahren (z.B. Niederdruck-Plasma) sind häufig in der Praxis nicht einsetzbar. Der Schleifprozess ist außerdem auch bereits eine geeignete Vorbehandlung für Verbundwerkstoffe mit Epoxidharzmatrix. Er führt zu Kettenbrüchen des Polymers und reaktiven polaren Oberflächengruppen und einer prinzipiell gut klebbaren Fügeiteiloberfläche. Dies gilt aber nur für den Fall einer kontaminationsfreien Oberflächenvorbehandlung. Nicht abschätzbar ist der Einfluss von Fügeiteilkontaminationen durch Rückstände und in den Werkstoff eindiffundierte Verunreinigungen. Erfindungsgemäß wird daher der für die Reparatur vorgesehene 2K-Klebstoff (Terokal 5045, Fa. Henkel Teroson) auf das Laminat aufgebracht. Mit einer ca. 20mm Durchmesser Sonotrode wird bei einer Leistung von typisch 20-100 Watt die erfindungsgemäße Vorbehandlung des Fügeiteiles und der Klebstoff / Fügeiteilgrenzfläche durchgeführt. Die Klebfläche wird dazu zeilenförmig / meanderförmig abgefahren. Der Klebstoff wird als Koppelmedium zur Grenzfläche benutzt. Nach der erfindungsgemäßen Vorbehandlung wird der vorbereitete Reparaturflicken aufgebracht, fixiert und die Klebeverbindung ausgehärtet.

### Beispiel 3:

#### **Reparatur eingeklebter Kfz-Scheiben**

Beim Ersatz von Frontscheiben treten beim Kleben häufig Schäden durch Delaminationen auf. Die Reparaturklebungen werden nicht unter definierten Bedingungen im Rahmen der Fertigung sondern in beliebigen Werkstätten durchgeführt. Ursache für mangelhafte Klebungen sind Kontaminationen auf der Scheibe bzw. der Karosserie. Durch die Anwendung von Ultraschall lässt sich

eine bessere Benetzung und dadurch eine qualitativ bessere kontaminationstolerante Scheibenklebungen erreichen.

### Patentansprüche

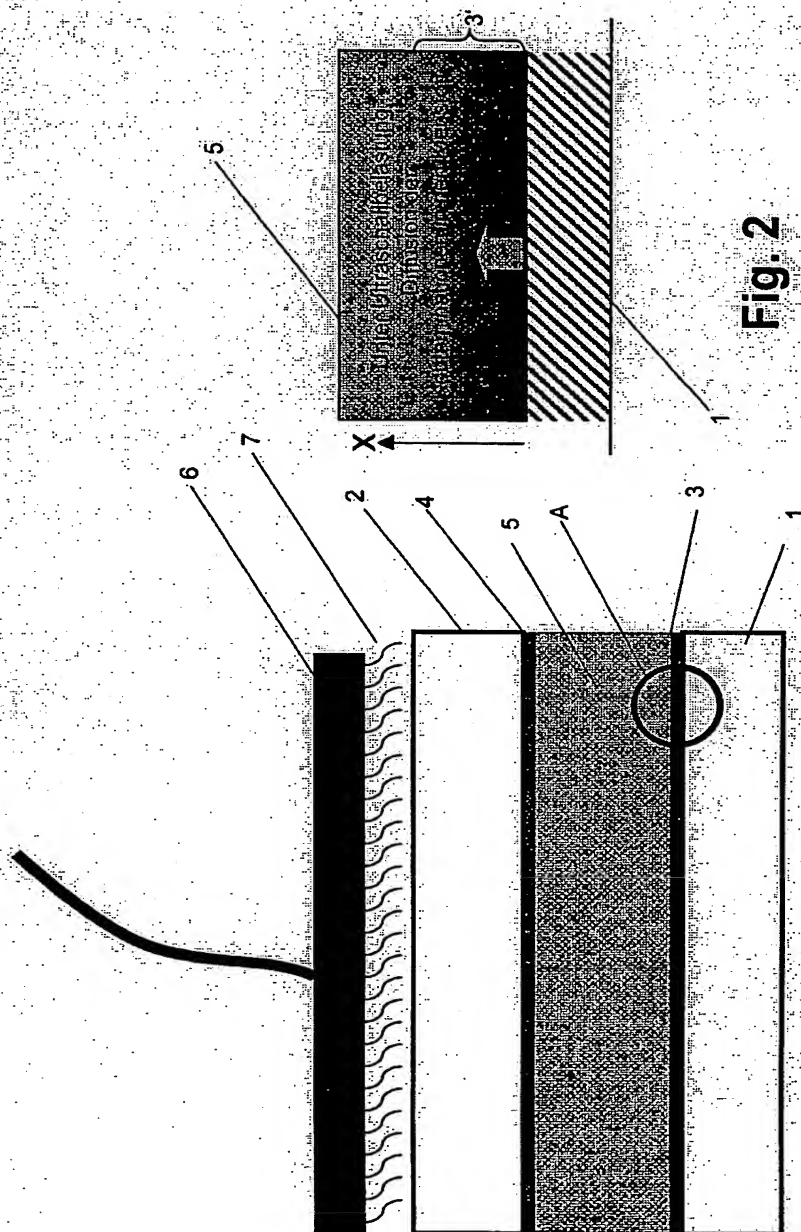
1. Verfahren zum Kleben von kontaminierten Fügeteilen, dadurch gekennzeichnet, dass die haftungsmindernde Kontamination der Fügeteiloberfläche durch Einbringen von Vibrationsenergie in die noch nicht ausgehärtete Klebstoffmatrix von der Grenzfläche entfernt werden und im Klebstoff gelöst oder dispergiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet, durch die folgenden wesentlichen Schritte:
  - a) Aufbringen einer Klebstoff-Zusammensetzung auf mindestens eine kontaminierte zu fügende Substratoberfläche,
  - b) Fügen des zweiten ggf. ebenfalls kontaminierten Substratteils auf das mit Klebstoff versehene Bauteil,
  - c) Einkoppelung von Vibrationsenergie in die noch nicht ausgehärtete Klebefuge,
  - d) Aushärten des Klebstoffs.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Klebstoffzusammensetzung unter Einkoppelung von Vibrationsenergie auf eine der kontaminierten Fügeteiloberflächen aufgetragen wird.
4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vibrationsenergie Ultraschallenergie ist.
5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 und/oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Einkoppelung der Vibrationsenergie durch Aufsetzen eines Schallkopfes (Sonotrode) auf mindestens ein Fügeteil erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schallkopf direkt mit der Klebstoffauftragsvorrichtung gekoppelt ist.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schallkopf oder die Kombination aus Schallkopf und Klebstoffauftragsvorrichtung maschinell entlang der Klebefuge geführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die maschinelle Führung durch einen programmgesteuerten Roboter erfolgt.
9. Verfahren nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Klebstoff beim Auftrag und/oder Eintragen der Vibrationsenergie eine Temperatur oberhalb der Umgebungstemperatur aufweist, vorzugsweise zwischen 25°C und 90°C, besonders bevorzugt zwischen 35 °C und 70 °C.
10. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der verwendete Klebstoff ein zweikomponentiger bei Raumtemperatur oder mit Wärmeunterstützung härtender Klebstoff ist.
11. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der verwendete Klebstoff ein einkomponentiger Klebstoff ist.

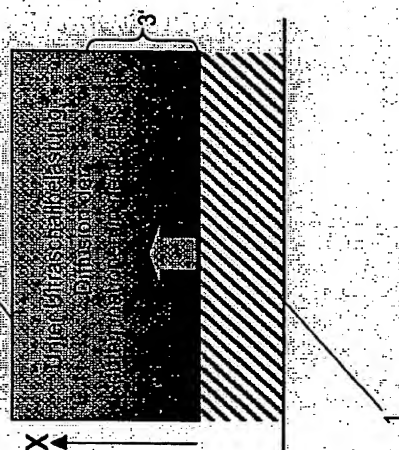
### **Zusammenfassung**

Das Einbringen von Vibrationsenergie in noch nicht ausgehärtete Klebstoffmatrices beim / oder nach dem Fügen von Werkstücken bewirkt eine effiziente Lösung und / oder Dispergierung von haftungsmindernden Kontaminationen der Fügeteiloberflächen in die Klebstoffmatrix hinein. Dadurch kann in vielen Fällen der Aufwand für aufwendige Reinigungsverfahren bzw. Qualitätssicherungsmaßnahmen reduziert werden. Insbesondere führt die abschließende Vorbehandlung und Reinigung der Fügeteile im Klebstoff dazu, dass eine haftungsmindernde Rekontamination ausgeschlossen wird.

Es wird vorgeschlagen, die Figur 2 mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen.



# Fig. 1



## Fig. 2



